

**Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»**

Кафедра прикладної математики та інформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Леонід БАЧУРІН

« _____ » _____ 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК 29. Технології розподілених систем та паралельних обчислень**

	(шифр і назва навчальної дисципліни)
Рівень освіти:	<u>перший (бакалаврський)</u>
Спеціальність:	<u>122 Комп'ютерні науки</u>
	(шифр і назва спеціальності (тей))
	(шифр і назва спеціальності (тей))
	(шифр і назва спеціальності (тей))
	(шифр і назва спеціальності (тей))
Освітня програма:	<u>Комп'ютерні науки</u>
	(назва освітньої програми, для обов'язкових дисциплін)
Мова навчання:	<u>українська</u>

Робоча програма навчальної дисципліни Технології розподілених систем та паралельних обчислень

для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

« 30 » 08 2023 року. – 10 с.

Розробники: О.М. Любименко, к.ф.-м. н., доц., доцент кафедри прикладної математики і інформатики



Робоча програма затверджена на засіданні кафедри прикладної математики та інформатики

Протокол № 8 від “ 31 ” 08. 2023 р.

завідувач кафедри прикладної математики та інформатики

_____ (Маслова Н.О.)

“ 31 ” 08 2023 р.

Схвалено науково-методичною комісією галузі знань 12 Інформаційні технології

Протокол №5_ від “ 01 ” 09. 2023 р.

Голова _____ (Башков Є.О.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Загальна інформація

Форма навчання	Денна	Заочна
Статус	Нормативна	
Обсяг в кредитах ЄКТС	6	
Обсяг в годинах за навчальним планом, разом: в тому числі:	180	
лекції:	32	
практичні заняття:	-	
лабораторні заняття:	32	
семінари:	-	
самостійна робота:	116	
Форма підсумкового контролю	Екзамен/диф.залік	
Дисципліну викладають	Олена ЛЮБИМЕНКО, https://donntu.edu.ua/meht/elin , olena.lyubymenko@donntu.edu.ua Олександра ОЛЕКСАНДРОВА https://donntu.edu.ua/kitaer/pmi oleksandra.aleksandrova@donntu.edu.ua	

Передумови для вивчення дисципліни: успішному вивченню дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» сприяє попереднє опанування такими дисциплінами, такими як «Вища математика», «Дискретна математика», «Дискретний аналіз», «Дискретні структури і алгоритми», «Чисельні методи», «Програмування».

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є: формування системи теоретичних знань і практичних навичок з основ математичного апарату щодо використання основних методів чисельного розв'язання складних математичних моделей.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК02 Застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 03 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 06 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- ЗК 08 Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

- ФК04 Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.
- ФК09 Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних і бази знань, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.
- ФК12 Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення
- ФК16 Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

Програмні результати навчання:

- ПРН01 Застосовувати знання основних форм і законів абстрактнологічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
- ПРН02 Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.
- ПРН03 Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки експериментальних даних і побудови прогнозних моделей.
- ПРН04 Використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо
- ПРН16 Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення

3. Очікувані результати навчання

В результаті вивчення дисципліни студенти мають:

Знати:

- теоретичні і аналітичні методи та сучасні підходи до розробки та оцінювання ефективності паралельних розподілених обчислень;

- основи технології MPI: інтерфейс передачі повідомлень в розподілених комп'ютерних системах, огляд реалізацій та стандартів MPI;
- загальні функції MPI, структури MPI-програм; прийому і передачі повідомлень, парних операції передачі повідомлень, режимів передачі даних;
- операції колективної взаємодії процесів та довільних типів даних MPI, групами процесів та комунікаторів, синхронізацією процесів, віртуальними топологіями: декартові та топології графа;
- особливості паралельних обчислювальних алгоритмів для ОС з розподіленою пам'яттю: матричне множення, сортування тощо;
- розподілені методи розв'язання лінійної задачі Коші на базі матричної експоненти;
- розпаралелені явні/неявні багатостадійні методи рішення нелінійної задачі Коші для СЗДР, технологію локальної екстраполяції Річардсона (ЛЕР) для розподіленої пам'яті;
- паралельні блокові або багатоточкові методи розв'язання задачі Коші для ОС розподіленої пам'яті.

Вміти:

- розробляти паралельні методи розв'язання задач із використанням декомпозиційної ієрархічної методики та різних інформаційних графів алгоритмів, графів впливу;
- будувати відображення паралельних методів на паралельні структури різних архітектур та топологій;
- обчислювати динамічні характеристики паралельних методів чи алгоритмів, прискорення, ефективність, загальні накладні витрати, масштабування, функцію ізоелементності;
- оцінювати тимчасову складність паралельних методів та виявляти області пріоритетного застосування;
- конструювати паралельне програмне забезпечення із використанням бібліотеки MPI для довільної паралельної архітектури та для кластерних архітектур;
- розв'язувати типові задачі із комбінаторного аналізу, методів сортування, теорії неорієнтованих та орієнтованих графів на ПОС;
- розв'язувати типові задачі чисельного аналізу, лінійної алгебри, теорії звичайних диференціальних рівнянь на ПОС.

4. Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є:

- екзамен. Семестровий письмовий екзамен проводиться в обсязі матеріалу, визначеного навчальною програмою дисципліни, і в терміни, встановлені навчальним планом.

- на лабораторних заняттях, після закінчення вивчення теми (див. пункт 6.2), для оцінювання рівня освоєння студентом поточної теми, видаються індивідуальні завдання. Оцінювання виконаних індивідуальних завдань дозволяє визначити кількість балів зданих студентом протягом семестру за допомогою презентації результатів виконаних завдань.

- курсовий проект.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання формують порядок оцінювання під час поточного контролю (за результатами практичних занять, виконання лабораторних індивідуальних завдань) та підсумкового контролю.

Форма навчання	ЛР 1	ЛР 2	ЛР 3	ЛР 4	ЛР 5	ЛР 6	Поточний контроль	Іспит	Максимальний бал
Денна	5	7	7	7	7	7	40	60	100
	4	4	4	4	4	4	24		84
заочна									

Примітки: 1) Лр1, Лр2 і т.д практичні роботи;

2) У числівнику максимальний бал – при своєчасному та правильному виконанні, у знаменнику – мінімальний (при правильному, але несвоечасному виконанні)

Розподіл балів за виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Захист роботи	Сума
40	60	100

Оцінювання знань студента здійснюється за 100-бальною шкалою. При оформленні документів за екзаменаційну сесію використовується таблиця відповідності оцінювання знань студентів за наступною шкалою:

Оцінка	
За 100-бальною шкалою	Для екзамену, курсового проекту(роботи), практики, диференційованого заліку, кваліфікаційного екзамену, випускної кваліфікаційної (дипломної) роботи (проекту)
90-100	Відмінно
74-89	Добре
60-73	Задовільно
0-59	Незадовільно

6. Програма навчальної дисципліни

6.1 Основні теми дисципліни

Тема 1. Основні поняття про розподілені та паралельні обчислення. Основні механізми реалізації розподілених систем. Сучасні розподілені об'єктні технології в інформаційних системах

Тема 2. Технології побудови розподілених об'єктних систем. Розподілені об'єктні технології в інформаційних системах. Переваги та недоліки технологій. Програмування для розподілених обчислень з використанням сокетів.

Тема 3. Паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення

Тема 4. Технологія MPI: інтерфейс передачі повідомлень в розподілених комп'ютерних системах. Основні поняття та означення. Огляд MPI. Реалізації та стандарти MPI.

Тема 5. Загальні функції MPI. Структура MPI-програми. Прийом і передача повідомлень. Парні операції передачі повідомлень, режими передачі даних.

Тема 6. Колективна взаємодія процесів.

Тема 7. Довільні типи даних у MPI та передача упакованих даних.

Тема 8. Робота з групами процесів і комунікаторами

Тема 9. Віртуальні топології процесів: декартові та топології графа у MPI.

Тема 10. Топологічні структури міжпроцесорного зв'язку в паралельних обчислювальних системах: лінійка/кільце, сітка/тор гіперкуб та методи передачі інформації.

Тема 11. Способи оцінювання максимально досяжного паралелізму

Тема 12. Загальні методи розпаралелювання алгоритмів. Декомпозиційна ієрархічна методика. Динамічні характеристики якості паралельних алгоритмів.

Тема 13. Паралельні чисельні методи розв'язання типових задач обчислювальної математики. Паралельні чисельні алгоритми матричного добутку. Алгоритми Фокса та Кеннона.

6.2 Теми практичних (семінарських) занять

Навчальним планом не передбачено.

6.3 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Д.ф.н.	
1	Ознайомлення зі структурою MPI-програми. Установка й налаштування середовища	2	
2	Обмін повідомленнями між окремими процесами	4	
3	Ознайомлення з процедурами колективного обміну MPI	7	
4	Пересилання упакованих даних	7	
5	Робота з групами процесів і комунікаторами	6	
6	Віртуальні топології в MPI	6	
	Усього годин	32	

6.4 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Д.ф.н.	З.ф.н.
1	Тема 1. Основні поняття про розподілені та паралельні обчислення. Основні механізми реалізації розподілених систем. Сучасні розподілені об'єктні технології в інформаційних системах	6	

2	Тема 2. Технології побудови розподілених об'єктних систем. Розподілені об'єктні технології в інформаційних системах. Переваги та недоліки технологій. Програмування для розподілених обчислень з використанням сокетів.	6	
3	Тема 3. Паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення	6	
4	Тема 4. Технологія MPI: інтерфейс передачі повідомлень в розподілених комп'ютерних системах. Основні поняття та означення. Огляд MPI. Реалізації та стандарти MPI.	6	
5	Тема 5. Загальні функції MPI. Структура MPI-програми. Прийом і передача повідомлень. Парні операції передачі повідомлень, режими передачі даних.	8	
6	Тема 6. Колективна взаємодія процесів.	8	
7	Тема 7. Довільні типи даних у MPI та передача упакованих даних.	8	
8	Тема 8. Робота з групами процесів і комунікаторами	8	
9	Тема 9. Віртуальні топології процесів: декартові та топології графа у MPI.	6	
10	Тема 10. Топологічні структури міжпроцесорного зв'язку в паралельних обчислювальних системах: лінійка/кільце, сітка/тор гіперкуб та методи передачі інформації.	6	
11	Тема 11. Способи оцінювання максимально досяжного паралелізму	6	
12	Тема 12. Загальні методи розпаралелювання алгоритмів. Декомпозиційна ієрархічна методика. Динамічні характеристики якості паралельних алгоритмів.	6	
13	Тема 13. Паралельні чисельні методи розв'язання типових задач обчислювальної математики. Паралельні чисельні алгоритми матричного добутку. Алгоритми Фокса та Кеннона.	6	
14	Виконання курсового проекту	30	
Усього годин		116	

6.5 Індивідуальні та/або групові завдання

Передбачено навчальним планом курсовий проект на тему «Паралельні алгоритми матрично-векторного множення»

7. Література

7.1 Основна

1. Паралельні обчислення: навчальний посібник / І.А. Назарова, О.А. Дмитрієва. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2020. – 246с.

2. Качко О.Г. Паралельне програмування. – Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2016. – 403 с.
3. Малашенок Г. І., Сідько А. А. Паралельні обчислення на розподіленій пам'яті: OpenMPI, Java, Math Partner : підручник. – Київ : НаУКМА, 2020. – 266 с.
4. Малашенок Г. І., Сідько А. А. Паралельні обчислення на розподіленій пам'яті: OpenMPI, Java, Math Partner: підручник. / Г. І. Малашенок., А. А. Сідько. — Київ : НаУКМА, 2020. — 266 с.
5. Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 с.

7.2 Допоміжна

1. Кузьменко Б.В., Чайковська О.А. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень. (конспект лекцій, частина 1. Розподілені об'єктні системи, паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення, паралельне програмування на основі MPI) Навчальний посібник. – К.: Видавничий центр КНУКІМ, 2011 – 126 с.
2. Аксак Н. Г. Паралельні та розподілені обчислення: підруч. / Н. Г. Аксак, О. Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480 с.
3. Паралельні та розподілені обчислення [Текст] : навч. підруч. для студентів вищ. навч. закл. / А. Луцків, С. Луценко, В. Пасічник. – Львів : Магнолія 2006, 2017. – 565, [1] с. : схеми.
4. Кузьменко Б.В., Чайковська О.А. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень. (конспект лекцій, частина 1. Розподілені об'єктні системи, паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення, паралельне програмування на основі MPI) Навчальний посібник. – К.: Видавничий центр КНУКІМ, 2011 – 126 с.
5. Наконечна О. А., Ярмоленко Т. А., Алексеєнко В. В., Якимчук Б. М. Інструктивно-методичні рекомендації з дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» / уклад.: Оксана Наконечна, Тетяна Ярмоленко, Вікторія Алексеєнко, Богданна Якимчук. Житомир: Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2023. 74 с.
6. Жуков, Ігор Анатолійович, et al. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник. Друге видання. Київ: Корнійчук, 2014.
7. Луцків, Андрій Мирославович, Сергій Анатолійович Лупенко, та Володимир Володимирович Пасічник. Паралельні та розподілені обчислення: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Львів: Видавництво "Магнолія 2006", 2021.

7.3 Методична

1. Методичні вказівки до практичних робіт за курсом «Паралельні інформаційні системи» для магістрів спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення, спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення» та «Програмне забезпечення мультимедійних систем для ігрових додатків» денної форми навчання / розроб. І.А. Назарова. – Покровськ : ДонНТУ, 2018. – 58 с. (<http://lc.donntu.edu.ua/elcat/alog>)
2. Методичні вказівки і завдання до курсового проекту за курсом “ Технології розподілених систем та паралельних обчислень” освітнього ступеню «бакалавр» спеціальності 122 Комп'ютерні науки денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. О.М. Любименко – Луцьк : ДонНТУ, 2023. – в плані.

8. Інформаційні ресурси

1. 1. Завантажити MS-MPI та MS-MPI SDK (на даний момент остання версія MS-MPI v8.1) [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb524831.aspx>.
2. Розширені інструкції по налаштуванню MS MPI (настройка, запуск на кластері, додаткові інструменти, інтеграція з Visual Studio) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blogs.technet.microsoft.com/windowshpc/2015/02/02/how-to-compile-andrun-a-simple-ms-mpi-program>
3. Grama Ananth (Author), Anshul Gupta (Author), George Karypis (Author), Vipin Kumar (Author) Introduction to Parallel Computing 2nd Edition. Addison-Wesley, 2003 664 p. (http://srmcse.weebly.com/uploads/8/9/0/9/8909020/introduction_to_parallel_computing_second_edition-ananth_grama..pdf)
4. Introduction to Parallel Computing Tutorial – <https://hpc.llnl.gov/training/tutorials/introduction-parallel-computing-tutorial>